

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/DE05/000329

International filing date: 26 February 2005 (26.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE  
Number: 10 2004 009 755.0  
Filing date: 28 February 2004 (28.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 11 May 2005 (11.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND****Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 10 2004 009 755.0

**Anmeldetag:** 28. Februar 2004

**Anmelder/Inhaber:** MTU Aero Engines GmbH, 80995 München/DE

**Bezeichnung:** Gasturbinenschaufel

**IPC:** F 01 D 5/14

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 23. April 2005  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

Faust



### Gasturbinenschaufel

Die Erfindung betrifft eine Gasturbinenschaufel, insbesondere eine Schaufel eines Flugtriebwerks, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Gasturbinen, wie zum Beispiel Flugtriebwerke, bestehen aus mehreren Baugruppen, nämlich einem Lüfter bzw. Fan, vorzugsweise mehreren Verdichtern, einer Brennkammer, sowie vorzugsweise mehreren Turbinen. Zur Verbesserung des Wirkungsgrads und Arbeitsbereichs solcher Gasturbinen ist es erforderlich, alle Subsysteme bzw. Komponenten der Gasturbine zu optimieren. Die hier vorliegende Erfindung betrifft die Verbesserung des Umströmungsverhaltens von Gasturbinenschaufeln, insbesondere von Laufschaufeln eines Verdichters der Gasturbine.

Verdichter von Gasturbinen bestehen in der Regel aus mehreren in Durchströmung axial hintereinander angeordneten Stufen, wobei jede Stufe von durch einem Rotor zugeordneten, einen Laufschaufelkranz bildenden Laufschaufeln sowie einem Leitschaufelkranz gebildet wird. Die dem Rotor zugeordneten, den Laufschaufelkranz bildenden Laufschaufeln rotieren zusammen mit dem Rotor gegenüber den feststehenden Leitschaufeln und einem ebenfalls feststehend ausgebildeten Gehäuse. Zur Reduzierung von Herstellungskosten werden zunehmend kompakte Bauformen von Verdichtern mit möglichst geringen Stufenzahlen angestrebt. Andererseits steigen aufgrund der stetigen Optimierung des Wirkungsgrads sowie Arbeitsbereichs derartiger Verdichter die Gesamtdruckverhältnisse innerhalb der Gasdruckturbine und damit die Stufendruckverhältnisse zwischen einzelnen Stufen.

Bei zunehmend größer werdenden Stufendruckverhältnissen und zunehmend geringeren Stufenzahlen ergeben sich zwangsläufig höhere Umfangsgeschwindigkeiten der rotierenden Bauteile des Verdichters. Die mit der Reduzierung der Stufenzahl steigenden Drehzahlen führen einerseits zu wachsenden mechanischen Belastungen insbesondere an den mit dem Rotor rotierenden Laufschaufeln und andererseits zu transsonischen Strömungsverhältnissen innerhalb der Schaufelgitter. Bei derartigen Strömungsverhältnissen bedarf es einer optimierten, aerodynamischen Auslegung der Gasturbinenschaufeln.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde eine neuartige Gasturbinenschaufel zu schaffen.

Dieses Problem wird durch eine Gasturbinenschaufel gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Erfindungsgemäß weist die Saugseite des Schaufelblatts der Gasturbinenschaufel mindestens einen mikroprofilierten bzw. mikrostrukturierten Bereich auf, um eine Umströmung der Saugseite bzw. des Schaufelblatts zu optimieren.

Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird eine Gasturbinenschaufel vorgeschlagen, die ein deutlich verbessertes Strömungsverhalten aufweist. Es ist eine Erkenntnis der hier vorliegenden Erfindung, zur Optimierung des Wirkungsgrads einer Gasturbine an den Saugseiten der Schaufelblätter von Gasturbinenschaufeln mindestens einen mikroprofilierten bzw. mikrostrukturierten Bereich vorzusehen. Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass eine zu vermeidende Strömungsablösung an einer Gasturbinenschaufel und damit ein Strömungsabriss in erster Linie auf der Saugseite des Schaufelblatts bzw. der Gasturbinenschaufel erfolgt, wobei die Saugseite einer Gasturbinenschaufel weiterhin weniger stark einem Verschleiß, zum Beispiel einer Erosion, oder auch einer Verschmutzung ausgesetzt ist, und daher die Saugseite mit effektiven Mikroprofilierungen bzw. Mikrostrukturierungen versehen werden kann. Mit einer derartigen Mikrostrukturierung bzw. Mikroprofilierung der Gasturbinenschaufel an deren Saugseite lässt sich die Umströmung der Gasturbinenschaufel stabilisieren und damit der Betriebsbereich derselben und damit letztendlich der Arbeitsbereich der Gasturbine optimieren.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der oder jeder mikroprofilierter bzw. mikrostrukturierter Bereich einem Abschnitt der Saugseite des Schaufelblatts zugeordnet, an welchem eine Strömungsverzögerung erfolgt. Dieser Abschnitt erstreckt sich insbesondere zwischen 30% und 70% der Profiltiefe des Schaufelblatts.

Vorzugsweise ist der oder jeder mikroprofilierter bzw. mikrostrukturierter Bereich haifischhautartig profiliert bzw. strukturiert.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Gasturbinenschaufel nach einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung in stark schematisierter, perspektivischer Seitenansicht; und

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Gasturbinenschaufel nach einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung in stark schematisierter, perspektivischer Seitenansicht.

Nachfolgend wird die hier vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf Fig. 1 und 2 in größerem Detail beschrieben.

Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Gasturbinenschaufel 10 in perspektivischer Seitenansicht. Die Gasturbinenschaufel 10 der Fig. 1 umfasst ein Schaufelblatt 11 sowie einen sich an das Schaufelblatt 11 anschließenden Schaufelfuß 12. Das Schaufelblatt 11 wird von einer Strömungseintrittskante bzw. einer Vorderkante 13, einer Strömungsaustrittskante bzw. einer Hinterkante 14 und einer sich zwischen der Vorderkante 13 und der Hinterkante 14 erstreckenden Schaufelblattoberfläche 15 begrenzt. Die Schaufelblattoberfläche 15 bildet eine Saugseite 16 sowie eine Druckseite 17 des Schaufelblatts 11 der Gasturbinenschaufel 10.

Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung ist der Saugseite 16 des Schaufelblatts 11 mindestens ein mikrostrukturierter bzw. mikroprofilierter Bereich zugeordnet.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 ist lediglich ein einziger derartiger mikroprofilierter bzw. mikrostrukturierter Bereich 18 vorhanden. Dieser erstreckt sich gemäß Fig. 1 über die gesamte radiale Höhe des Schaufelblatts 11.

Der mikroprofilierter Bereich 18 ist dabei einem Abschnitt der Saugseite 16 zugeordnet, in welchem eine Strömungsverzögerung erfolgt. Ausgehend von der Vorderkante 13 des Schaufelblatts 11 der Gasturbinenschaufel 10 erfolgt an der Saugseite 15 zuerst eine Strömungsbeschleunigung und dann eine Strömungsverzögerung. Insbesondere an den Bereichen der Saugseite 16 des Schaufelblatts 11, an denen die Strömungsverzögerung erfolgt, besteht die Gefahr der Ablösung der Strömung und damit eines Strömungsabrisses. Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung ist gerade in diesem Abschnitt der Saugseite 16, in welchem eine Strömungsverzögerung erfolgt, der mikroprofilierter bzw. mikrostrukturierte Bereich 18 angeordnet. Dieser erstreckt sich dabei vorzugsweise zwischen 30% und 70%, insbesondere zwischen 30% und 50%, der Profiltiefe des Schaufelblatts 11. Er ist demnach einem mittleren Bereich der Saugseite 16 des Schaufelblatts 11 zugeordnet.

Besonders bevorzugt ist eine Ausgestaltung der hier vorliegenden Erfindung, in welcher der mikroprofilierte bzw. mikrostrukturierte Bereich 18 haifischhautartig profiliert bzw. strukturiert ist. Eine derart strukturierter Bereich 18 der Saugseite 16 des Schaufelblatts 11 sorgt für eine besonders bevorzugte Umströmung der Gasturbinenschaufel 10.

Fig. 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Gasturbinenschaufel 19. Da die Gasturbinenschaufel 19 gemäß Fig. 2 im Wesentlichen der Gasturbinenschaufel 10 gemäß Fig. 1 entspricht, werden zur Vermeidung unnötiger Wiederholungen für gleiche Baugruppen gleiche Bezugsziffern verwendet. Nachfolgend soll lediglich auf die Unterschiede zwischen den beiden Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 1 und 2 eingegangen werden.

Das Ausführungsbeispiel der Fig. 2 unterscheidet sich vom Ausführungsbeispiel der Fig. 1 dadurch, dass der Saugseite 16 des Schaufelblatts 11 mehrere unterschiedliche mikroprofilierte bzw. mikrostrukturierte Bereiche zugeordnet sind, nämlich im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 drei unterschiedliche Bereiche 20, 21 und 22.

So verfügt die Gasturbinenschaufel 10 des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 2 im Bereich der Saugseite 16 des Schaufelblatts 11 über einen ersten, schaufelfußseitigen Bereich 20, der im Sinne der hier vorliegenden Erfindung mikroprofiliert bzw. mikrostrukturiert ausgebildet ist. Dieser erste, schaufelfußseitige Bereich 20 ist dabei einem Abschnitt des Schaufelblatts 11 zugeordnet, welcher hohen Schwingungsbelastungen ausgesetzt ist. Der Bereich 20 ist dabei vorzugsweise derart mikroprofiliert bzw. mikrostrukturiert, dass in diesem Bereich 20 eine Verfestigung des Schaufelblatts 11 erfolgt und/oder Druckspannungen induziert werden. Hierdurch lassen sich neben einer positiven Beeinflussung der Umströmung des Schaufelblatts 11 auch deren Festigkeitseigenschaften optimieren.

Der sich radial außen an den ersten Bereich 20 anschließende Bereich 21 ist ebenfalls mikroprofiliert bzw. mikrostrukturiert ausgeführt, vorzugsweise haifischhautartig wie im Ausführungsbeispiel der Fig. 1.

Ein dritter, mikroprofiliert bzw. mikrostrukturierter Bereich 22 ist der radial außenliegenden Schaufelspitze des Schaufelblatts 11 zugeordnet. Hierdurch kann zum Beispiel die Strömung im Spaltbereich zwischen der als Laufschaufel ausgebildeten Gasturbinenschaufel 19 und einem feststehenden Gehäuse optimiert werden.

Wie Fig. 2 entnommen werden kann, erstrecken sich die beiden mikroprofilierten bzw. mikrostrukturierten Bereiche 20 und 22 über einen größeren Abschnitt der Profiltiefe als der mikroprofilierter bzw. mikrostrukturierte Bereich 21.

Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird demnach eine Gasturbinenschaufel vorgeschlagen, wobei der Saugseite des Schaufelblatts der Gasturbinenschaufel mindestens ein mikroprofilierter bzw. mikrostrukturierter Bereich zugeordnet ist. Dieser mikroprofilierter bzw. mikrostrukturierter Bereich ist dem Abschnitt der Saugseite des Schaufelblatts zugeordnet, der hinsichtlich einer möglichen Strömungsablösung besonders gefährdet ist. Der Erfindung liegt dabei die Erkenntnis zugrunde, dass gerade dieser Abschnitt der Saugseite hinsichtlich Erosion oder Verschmutzung nur geringfügig beansprucht wird, sodass auch während des Betriebs der Gasturbine der mikrostrukturierte bzw. mikroprofilierter Bereich der Saugseite des Schaufelblatts seine Wirkung beibehält. Neben der Optimierung der Umströmung des Schaufelblatts kann mithilfe der mikroprofilierter bzw. mikrostrukturierten Bereiche auch die Festigkeit der Gasturbinenschaufel positiv beeinflusst werden. Durch die verbesserte Umströmung der erfindungsgemäß ausgebildeten Gasturbinenschaufeln ergibt sich ein größerer Pumpgrenzabstand und damit ein verbesserter Wirkungsgrad der Gasturbine.

Bei den im Sinne der Erfindung ausgebildeten Gasturbinenschaufeln handelt es sich um rotierende Laufschaufeln vorzugsweise eines Verdichters der Gasturbine.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass der oder jeder mikroprofilierter Bereich an der Saugseite der Gasturbinenschaufel durch Lasern, Sputtern oder sonstige Abtragverfahren definiert in die Saugseite des Schaufelblatts eingearbeitet werden kann. Da die Saugseite nur in einem eng begrenzten Abschnitt mit dem oder jedem mikroprofilierter Bereich versehen ist, ist die Herstellung kostengünstig möglich.

24.02.2005

## Bezugszeichenliste

|    |                         |
|----|-------------------------|
| 10 | Gasturbinenschaufel     |
| 11 | Schaufelblatt           |
| 12 | Schaufelfuß             |
| 13 | Vorderkante             |
| 14 | Hinterkante             |
| 15 | Schaufelblattoberfläche |
| 16 | Saugseite               |
| 17 | Druckseite              |
| 18 | Bereich                 |
| 19 | Gasturbinenschaufel     |
| 20 | Bereich                 |
| 21 | Bereich                 |
| 22 | Bereich                 |

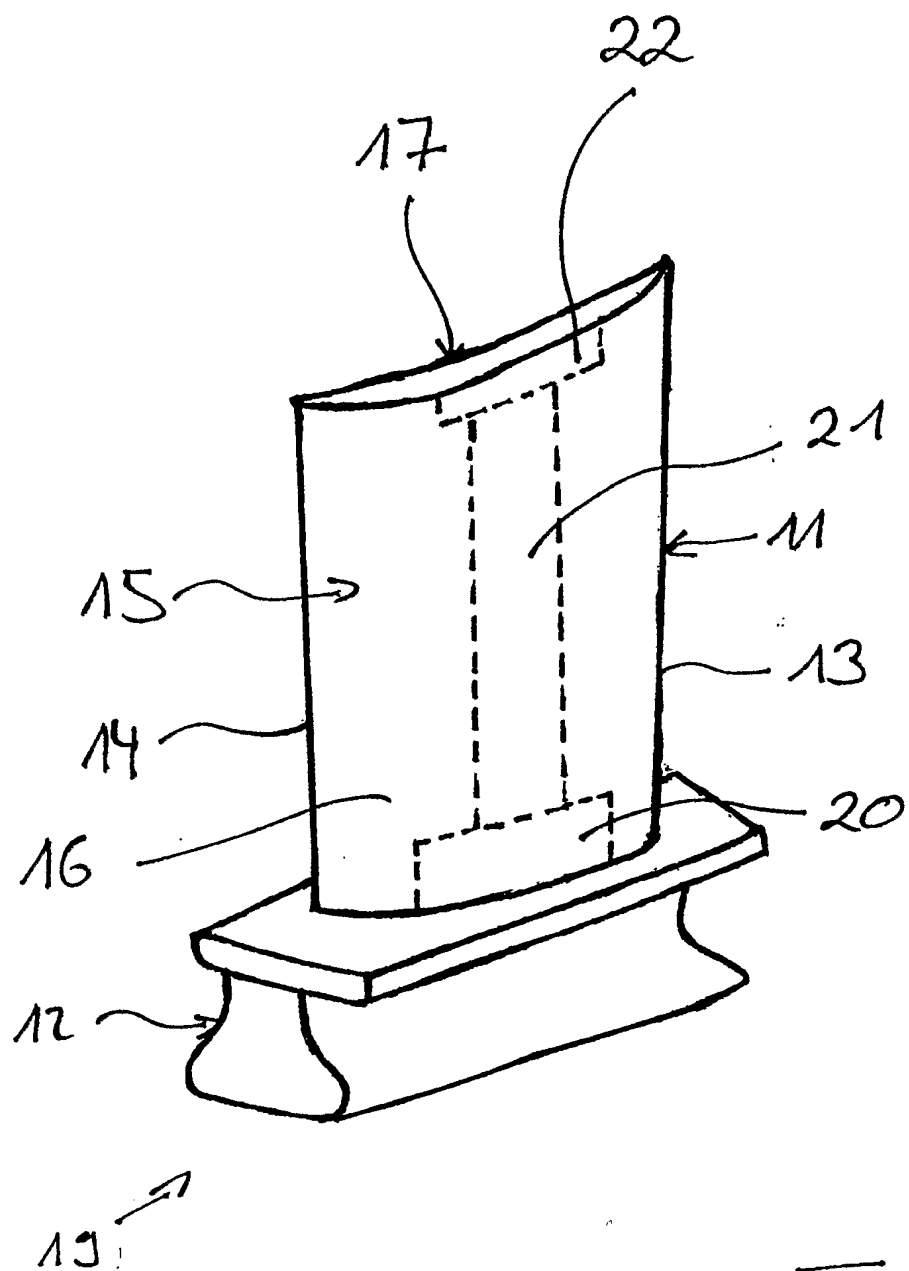


## Patentansprüche

1. Gasturbinenschaufel, insbesondere Schaufel eines Flugtriebwerks, mit einem Schaufelblatt (11) und einem Schaufelfuß (12), wobei das Schaufelblatt (11) von einer Strömungseintrittskante bzw. einer Vorderkante (13), einer Strömungsaustrittskante bzw. einer Hinterkante (15) und einer sich zwischen der Vorderkante (13) und der Hinterkante (14) erstreckenden, eine Saugseite (16) und eine Druckseite (17) bildenden Schaufelblattoberfläche (15) begrenzt ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Saugseite (17) des Schaufelblatts (11) mindestens einen mikroprofilierten bzw. mikrostrukturierten Bereich (18; 20, 21, 22) aufweist, um eine Umströmung des Schaufelblatts (11) zu optimieren.
2. Gasturbinenschaufel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der oder jeder mikroprofilierte bzw. mikrostrukturierte Bereich (18; 20, 21, 22) einem Abschnitt der Saugseite (17) des Schaufelblatts (11) zugeordnet ist, an welchem eine Strömungsverzögerung erfolgt.
3. Gasturbinenschaufel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der oder jeder mikroprofilerte bzw. mikrostrukturierte Bereich (18; 20, 21, 22) einem Abschnitt der Saugseite (16) des Schaufelblatts (11) zugeordnet ist, der sich zwischen 30% und 70% der Profiltiefe des Schaufelblatts (11) erstreckt.
4. Gasturbinenschaufel nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der oder jeder mikroprofilerte bzw. mikrostrukturierte Bereich (18; 20, 21, 22) einem Abschnitt der Saugseite (16) des Schaufelblatts (11) zugeordnet ist, der sich zwischen 30% und 50% der Profiltiefe des Schaufelblatts (11) erstreckt.
5. Gasturbinenschaufel nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der oder jeder mikroprofilerte bzw. mikrostrukturierte Bereich (18; 20, 21, 22) haifischhautartig profiliert bzw. strukturiert ist.

6. Gasturbinenschaufel nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet,  
dass ein schaufelfußseitiger, mikroprofilierter bzw. mikrostrukturierter Bereich (20) derart strukturiert ist, dass in diesem Bereich eine Verfestigung des Schaufelblatts (11) erfolgt und/oder Druckspannungen induziert werden.
7. Gasturbinenschaufel nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet,  
dass dieselbe als Laufschaufel eines Verdichters ausgebildet ist.





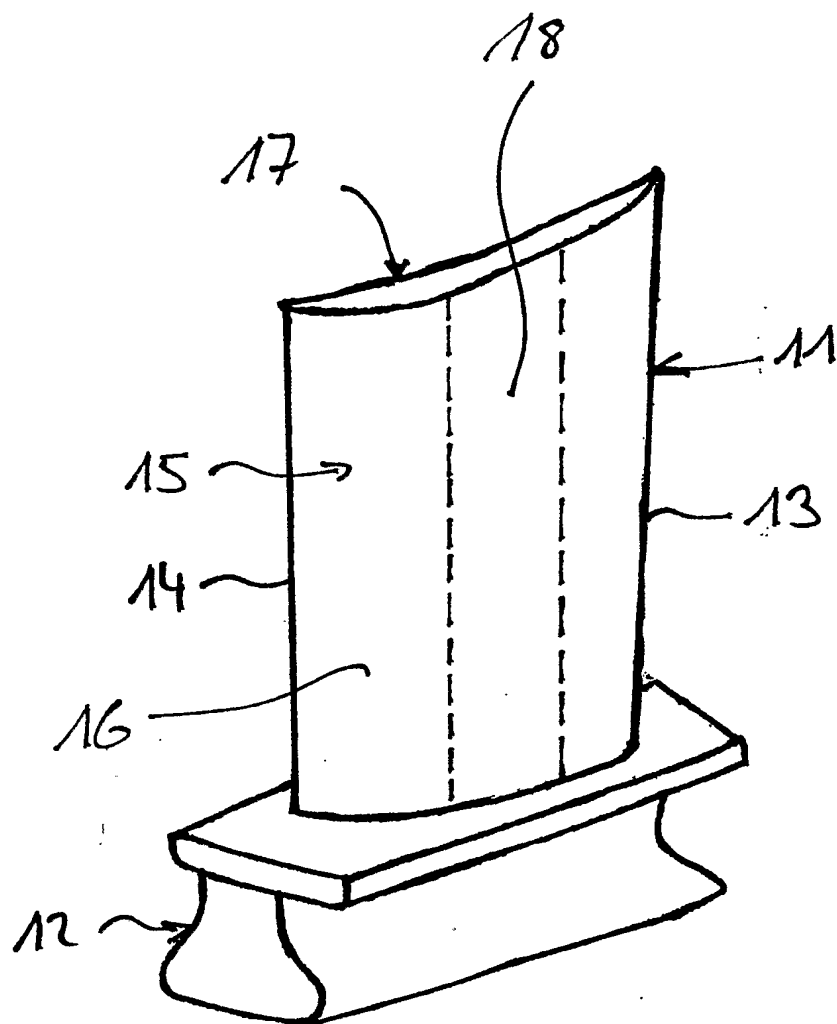
## Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Gasturbinenschaufel, insbesondere eine Schaufel eines Flugtriebwerks.

Die Gasturbinenschaufel verfügt über ein Schaufelblatt (11) und einen Schaufelfuß (12), wobei das Schaufelblatt (11) von einer Strömungseintrittskante bzw. einer Vorderkante (13), einer Strömungsaustrittskante bzw. einer Hinterkante (15) und einer sich zwischen der Vorderkante (13) und der Hinterkante (14) erstreckenden, eine Saugseite (16) und eine Druckseite (17) bildenden Schaufelblattoberfläche (15) begrenzt ist.

Erfindungsgemäß weist die Saugseite (17) des Schaufelblatts (11) mindestens einen mikroprofilierten bzw. mikrostrukturierten Bereich (18; 20, 21, 22) auf, um eine Umströmung des Schaufelblatts (11) zu optimieren.

(Fig. 1)



10

Fig. 1